

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-098028

(43)Date of publication of application : 14.04.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
C23C 16/44
C23C 16/50
H01L 21/02
H01L 21/205

(21)Application number : 09-184044

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 09.07.1997

(72)Inventor : MAYDAN DAN
MAK STEVE S Y
OLGADO DONALD
YIN GERALD ZHEYAO
DRISCOLL TIMOTHY
PAPANU JAMES S
TEPMAN AVIA

(30)Priority

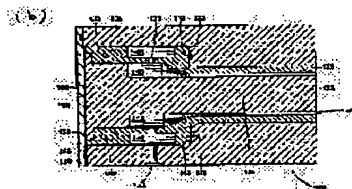
Priority number : 96 682803 Priority date : 09.07.1996 Priority country : US

(54) SLIT NOZZLE INJECTING GAS FOR PLASMA PROCESSING REACTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact gas injection system for a plasma gas reactor with small surface area of hermetic sealing.

SOLUTION: A gas injection system 100 has a vacuum chamber having a side wall, a pedestal for holding a semiconductor wafer under processing, and a RF voltage applicator applying RF voltage to a chamber, and injects gas into a plasma reactor. This gas injection system has at least one gas feeder containing the gas, gas diffuser with at least one slot aperture facing the inside of it, and one or more gas feed lines connecting one or more gas feeders to the gas diffuser. A desirable embodiment of this emission gas diffuser has a plurality of gas diffusion nozzles installed on the side wall of the chamber with their respective slot apertures facing the inside of the chamber, gas feed line are used to connect the respective gas diffusion nozzles to the discrete gas feeders.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-98028

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月14日

(51) Int.Cl.*

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

B

C 2 3 C 16/44

C 2 3 C 16/44

D

16/50

16/50

H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

Z

21/205

21/205

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-184044

(71) 出願人 390040660

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月9日

アプライド マテリアルズ インコーポレ
イテッド

APPLIED MATERIALS, I
NCORPORATED

(31) 優先権主張番号 08/682803

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

(32) 優先日 1996年7月9日

95054 サンタ クララ パウアーズ ア
ベニュー 3050

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(72) 発明者 ダン・メイダン

アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
ロス アルトス ヒルズ、ムリエッタ
レーン 12000

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

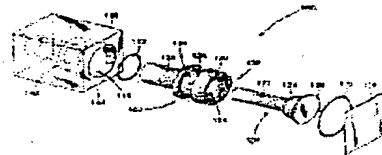
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理リアクタ用ガス注入スリットノズル

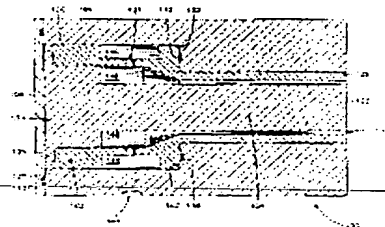
(57) 【要約】

【課題】 スペースをとらず、密封表面積が小さいプラズマリアクタガス注入システム。
【解決手段】 側壁を有する真空チャンバと、処理を受ける半導体ウエハを保持するためのベDESTALと、RF電圧をチャンバに印加するRF電圧アプリーケータとを持つ、ガスをプラズマリアクタに注入するガス注入システム。ガス注入システムはガスを含む少なくともひとつのガス供給部と、少なくとも一つのスロットアパーチャがチャンバの内側に面しているガス散布装置と、一つが複数のガス供給部をガス散布装置に接続する一つあるいは複数のガスフィードラインとを有する。本発明による放射ガス散布装置の好ましい実施例は、チャンバ側壁に設けられ、チャンバの内側に面するスロットアパーチャをそれぞれ有した複数のガス散布ノズルを含む。ガスフィードラインを用いて、それぞれのガス散布ノズルをそれぞれ別個のガス供給部に接続する。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラスマリアクタであって、側壁を有するリアクタチャンバと、処理しようとするウエハを保持するベDESTALと、ガス注入システムであって、それぞれが少なくとも1つのプロセスガスを含む複数のガス供給部と、前記チャンバ側壁に配置されるガス散布装置であって、前記ガス散布装置は、チャンバの内部を向くスロットアパーチャを有する複数のガス散布ノズルを備える、前記ガス散布装置と、1つのガス散布ノズルと1つの供給部との間を介して両者を接続させるための、複数のガスフィードラインとを備えるガス注入システムとを備えるプラスマリアクタ。

【請求項 2】 前記ガス散布ノズルが、相互に等しい間隔で前記チャンバの周囲に配置される請求項 1 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 3】 前記ガス散布ノズルのそれぞれが、環状の外側部材に囲まれる円筒形の内側部材を有して、環状チャンネルが前記外側部材と前記内側部材の間に形成され、前記環状チャンネルは、スロットアパーチャを有した環状ギャップを有する、前記内側部材の第1の端部と前記外側部材の第1の端部まで延び、前記環状チャンネルは、ガスがスロットアパーチャに流れ、チャンバ内に流入することを可能にする請求項 1 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 4】 前記ガス散布ノズルのそれぞれが更に、内部に前記外側部材が配置される直通ボアを有するガスフィードブロックを備える請求項 3 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 5】 前記外側部材が、外部環状キャビティであって、前記外部環状キャビティは前記ガスフィードブロックの側壁と協働して、第1のマニホールドチャンバを形成する、前記外部環状キャビティと、前記第1のガスマニホールドチャンバから、前記外側部材と前記内側部材の間の前記環状チャンネルへと、ガスを流れさせる通路を与える複数のホールないし穴とを備える請求項 4 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 6】 前記外側部材の前記ホールが、前記外側部材の周縁の周りに沿って均等な間隔で配置される請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 7】 各ノズルのスロットアパーチャからのガスの所望の流量を与えるように、前記外側部材の径と直径が選択される請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 8】 前記外側部材と前記内側部材の間の前記環状チャンネルが、前記複数のホールが前記環状チャンネルに開口する場所に応じて第2のマニホールドチャンバを備える請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 9】 前記第2のマニホールドチャンバが、ス

ロットアパーチャに最接近する端部で狭くなっており、環状チャンネルの残りの部分はスロットアパーチャとほぼ同一の断面寸法を有する請求項 8 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 10】 ガスフィードブロックが更に、ブロックの外側に開いた第1の端部と、第1のマニホールドチャンバに開いた第2の端部とを有したガスフィードホールを有し、ガスフィードラインの一つが、ガスがガスフィードホールを通過して第1のマニホールドチャンバに流れるように、ガスフィードホールの第1の端部に接続される請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 11】 外側部材の外壁とガスフィードブロックボアの側壁の間にガスの通路ができることを防止するためのシール手段を更に備える請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 12】 該プラスマリアクタの外壁から該ノズルの中へのガスの通路ができることを防止するためのシール手段を更に備える請求項 5 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 13】 該ノズルのそれぞれの外壁と該チャンバ側壁の間のガスが該プラスマリアクタの外壁へ通過する通路ができることを防止するためのシール手段を更に備える請求項 1 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 14】 該外側部材が、該チャンバ側壁のボアの中に配置される請求項 3 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 15】 ガス散布ノズルのそれぞれのガスフィードブロックが該プラスマリアクタの側壁の中に埋め込まれ、該外側部材と該内側部材の一部だけが、該リアクタチャンバの側壁を突き抜けて突き出る請求項 4 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 16】 該外側部材と該内側部材の一部が、ベDESTALの方向へ、該側壁から該チャンバの中へと放射方向に離れるように伸びる請求項 3 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 17】 該ガス散布ノズルのそれぞれの該外側部材と該内側部材が、プロセスガスの少なくとも一つからの攻撃及びリアクタチャンバに存在する他のガスの攻撃に対して、実質的に耐性を有する材料を備える請求項 3 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 18】 前記実質的に耐性を有する材料が、(a) セラミックと、(b) 石英ガラスと、(c) ポリマー材料との一つを備える請求項 17 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 19】 前記複数のガス供給部のそれぞれが、別々のガス又は混合ガスを有することができ、また、別々の圧力を有することができる請求項 1 に記載のプラスマリアクタ。

【請求項 20】 ガス散布ノズルのそれぞれが、チャンバ内へ流入するガス流量が異なるようにできる請求項 1

に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 21】 ガス散布ノズルのそれぞれのスロットアパーチャが、約 0.30 インチ〜約 1.00 インチないし約 7.62 mm〜約 25.4 mm の直径を有する請求項 1 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 22】 ガス散布ノズルのそれぞれのスロットアパーチャが、約 0.010 インチ〜約 0.030 インチないし約 254 μ m〜762 μ m の幅を有する請求項 1 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 23】 外側部材ホールが 4 つ存在し、これらのそれぞれが、約 0.20 インチないし 5.08 mm の直径を有する請求項 5 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 24】 ガス散布ノズルが 4 つ存在する請求項 1 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 25】 プラズマリアクタであって、

側壁を有するリアクタチャンバと、

処理しようとするウエハを保持するベDESTAL と、

ガス注入システムであって、

少なくとも 1 つのプロセスガスを含むガス供給部と、

前記チャンバ側壁に配置されるガス散布装置であって、

前記ガス散布装置は、チャンバの内部を向くスロットアパーチャを有する複数のガス散布ノズルを備える、前記

ガス散布装置と、
それぞれのガス散布ノズルと供給部との間を介して両者を接続させるための、複数のガスフィードラインとを備えるガス注入システムとを備えるプラズマリアクタ。

【請求項 26】 該ガス散布ノズルのそれぞれの該外側部材と該内側部材が、プロセスガスの少なくとも 1 つからの攻撃及びリアクタチャンバに存在する他のガスの攻撃に対して、実質的に耐性を有する材料を備える請求項 25 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 27】 前記実質的に耐性を有する材料が、

(e) セラミックと、(b) 石英ガラスと、(c) ポリマー材料との 1 つを備える請求項 26 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 28】 ガス散布ノズルが 4 つ存在する請求項 25 に記載のプラズマリアクタ。

【請求項 29】 側壁を有するリアクタチャンバと、

処理しようとするウエハを保持するベDESTAL と、

ガス注入システムであって、

複数のガス供給部と、

1 つが前記複数のガス供給部の 1 つに接続するチャンバ

の内部を向く複数のガス散布ノズルを備えるガス散布装

置とを有する前記ガス注入システムと、を有するプラズ

マリアクタの中で、前記ガス注入システムを用いるた

の方法であって、

ガス散布ノズルのそれぞれからガス流れを与えるステッ

プであって、該ガス流れは、ノズルのそれぞれに対して

別々の流量を与えることが可能な、前記ステップを有す

る方法。

【請求項 30】 側壁を有するリアクタチャンバと、

処理しようとするウエハを保持するベDESTAL と、

ガス注入システムであって、

複数のガス供給部と、

1 つが前記複数のガス供給部の 1 つに接続する、チャン

バの内部を向く複数のガス散布ノズルを備えるガス散布

装置とを有する前記ガス注入システムと、を有するプラ

ズマリアクタの中で、前記ガス注入システムを用いるた

の方法であって、

ガス散布ノズルのそれぞれからガス流れを与えるステッ

プであって、該ガスは、ノズルのそれぞれに対して、

(i) 別々のガス種であるか、あるいは、(ii) 別々の

ガス種混合物であるか、のいずれかであることが可能

である、前記ステップを有する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体集積回路ウエハ処理のためのプラズマリアクタに関し、特にこのようなリアクタで用いられるガス注入システムの改良システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路ウエハを処理するプラズマリアクタは、典型的には、真空チャンバと、チャンバ内でウエハを保持するベDESTAL と、プラズマRF電源と、ガスをチャンバに供給するためのガス注入システムとを有する。リアクタが誘導結合リアクタであれば、プラズマRF電源に接続されるチャンバの周りにコイルアンテナを含めることができる。ウエハベDESTAL をまた前記のあるいは別のRF電源に接続させることができる。プラズマリアクタの別のタイプ（たとえば、反応性イオンエッチングリアクタなど）では、コイルアンテナはなく、プラズマRF電源がウエハベDESTAL にのみ接続されている。リアクタのガス注入システムは少なくとも一つのガス散布装置を備える。多数のガス散布装置が用いられる場合、それぞれは典型的には、チャンバ内のそれぞれ別の領域にガスを供給するためにリアクタの別の部分に配置される。利用される（一つあるいは複数の）ガス散布装置は処理を行う場合の特定の要件に左右される。たとえば、あるタイプのガス散布装置は、さまざまな処理工程中に（たとえばプラズマ強化化学蒸着など）、リアクタの側壁からチャンバ内に放射状にガスを注入するために用いられ、典型的には、ウエハの水平面近くにある。この放射状ガス散布装置は単独で用いてもよいし、あるいは前述の天井タイプのような別のガス散布装置と組み合わせて用いてもよい。

【0003】一つの典型的な放射状ガス散布装置 10 を図 1 に示す。この装置 10 はチャンバの電源領域 12 のベースすなわち底面の周辺部に設けられている。装置 10 はリング 14 の内側表面の周りに規則的に配置されたガス注入ホール 16 を持つガス散布リング 14 を有する。

処理ガスなどが単一の入り口１６から供給される。指定の作業には十分であるが、従来の放射ガス散布装置１０はチャンバのかなり多くの部分を物理的にガス散布リング構造１４専用にしなければならないという欠点がある。現在のプラズマリアクタ設計において、リアクタの多数のシステムをできるだけコンパクトなユニットに実装することが望まれている。よって、寸法が大きく、其入したガス散布リング１４を組み込むために必要なスペースを割くことは問題である。また、リアクタ側壁２２とガス散布リング構造１４の間の境界面２０は典型的には、ガスが境界面から漏れないように密封されている。この作業を実行するために、境界面２０に関する表面領域までも密封する必要がある。図示しない比較的大きな密封部材を用いてはならない。よく知られているように、多くの表面を密封することには困難がともない、漏れる危険がある。たとえば、密封部材、たとえば密封リングなど、が密封される表面に関する寸法公差はリークパスの形成を防ぐために比較的正確でなくてはならない。密封表面が大きくなればなるほど、領域全体に求められる公差を形成するのは困難になる。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】リアクタチャンバ側壁２２と比較的大きな従来のガス散布リング１４の間の境界面に関する別の問題は、境界面２０が壁面を作る不連続面である。この不連続面によって、チャンバ側壁２２に不可避で形成される堆積残物の層にストレス点と裂け目が生じる。また、温度差が側壁２２とリング１４の間に生まれやすく、さらに多くの残層層にストレスによる裂け目を生じさせる。破断した残層物材料はリング１４と側壁２２で剥がれやすいため、処理を受けるウエハを汚染する危険がある。入り込む処理ガスによって起こる乱れが破断した残層物をチャンバ内に散乱させやすいガス注入ホール１６の近くでこの剥離現象は特に顕著である。

【０００５】分散リング１４からの不均一なガスの流れはまた、そこにある放射ガス分散装置にも悪影響を及ぼす。ガス分散リング１４は典型的には、ある地点から供給されるので、その入力部でのガス注入ホール１６からのガスの流れはリングの反対側よりもはるかに多くなる。このような不均一なフローパターンは、半導体ウエハへのエッチングや堆積を不均一なものとする。また、フィード口が一つだけなので、ガスが複数のガスからなる混合ガスである場合、リング１４に到着する前にあらかじめ混合しておかなければならない。チャンバ内で混合させたり、ガスの組成をチャンバのさまざまな部分で変えたりできるように異なるガスをリング１４のさまざまなホール１６に供給することはまったくできない。

【０００６】よって、現在利用されているユニットほどスペースをとらず、密封表面積が小さいプラズマリアクタガス注入システムが望まれている。また、均一なガス

の流れをチャンバに送ることができ、異なるガスを同時にチャンバに送り、チャンバ内で混合させたり、チャンバの場所ごとにガスの組成を変えることができるようなガス注入システムが望まれている。

【０００７】

【課題を解決するための手段】本発明は上記のような条件を満たすガス注入システムを提供するものである。特に、本発明はチャンバ側壁に設けられ、部材の内側に対面するスロットアパーチャをそれぞれ持った複数のガス散布ノズルを有する放射ガス散布装置に関するものである。複数のガスフィードラインは、各ガス散布ノズルをガス供給部のそれぞれと接続させるために用いられる。ガス供給部はそれぞれ、それぞれのガスフィードラインを介してノズルに供給されるガスを含んでいる。個々のガス供給部は同一のガス種（単一あるいは複数のガス種）からなるガスを有していてもよいし、それぞれ異なるガス種からなるガスを有していてもよい。実際、すべての供給部がそれぞれ別の種類のガスを含んでいてもよい。それぞれの供給部でガスの組成を変えられることで、各ノズルは望まれるいかなるガスも送ることができる。あるいは、異なるガスをチャンバに送る必要がなければ、ノズルを単一のガス供給部に接続してもよい。

【０００８】ガスはチャンバ内に均一に送られることが望ましいことが多い。このために、ガス散布ノズルはチャンバの周辺に互いに均等に配置されている。放射ガス散布装置の好ましい実施例においては、４つのガス散布ノズルが等間隔に配置されている。また、各ノズルからのガス流量が略同一になるように、均一なガスの散布が典型的に求められる。本発明におけるノズルはある範囲のガス流量を送ることができる。よって、均一なガス散布が求められているときはいつでも、すべてのノズルが同一のガス流量となるように構成されている。しかし、均一なガス散布が求められていない時は、それぞれのノズルが異なるガス流量となるように構成されている。たとえば、少なくとも一つのノズルの流量を異なるようにすれば、ガス供給部に関する不均一なポンプ条件を補うことになる。ガス流量を変える一つの方法としては、

（別個のガス供給部が用いられている）ガス供給部のガス圧力を変化させるものがある。もう一つの方法としては、ノズル自体の構成を調整するというものがある。後者の方法については、好ましいノズル構造に関連してこの後で詳しく説明する。

【０００９】好ましいガス散布ノズルは、環状の外側部材に囲まれる円筒形の内側部材を有し、環状チャンネルがその間に形成される。この環状チャンネルは、スロットアパーチャを有した環状ギャップを持つ、内側部材の第１の端部と外側部材の第１の端部まで延びている。ガスは、環状チャンネルを介して、スロットアパーチャに流れ、チャンバ内に流入する。本発明の一つの実施例において、各ノズルはまた、ボアを有するガスフィードブ

ロックを含み、そこに外側部材と内側部材が設けられている。

【0010】外側部材には外部環状空隙があり、これがガスフィードブロックボアの側壁とともに、第1のマニホールドチャンバを形成する。加えて、外側部材に複数のホールがあり、それによってガスが第1のマニホールドチャンバから外側と内側部材の間の環状チャンネルにまで流れるような通路ができる。好ましくは、確実にガスが均一に環状チャンネルに流れるようにホールを外側部材の周辺に等間隔に配置するのがよい。これによって、今度は、スロットアパーチャからのガス流量が均一になる。また、各ノズルからの流量を好適なものとするために、ホールの数と直径を選択する。よって、これらのパラメータがノズルによって異なれば、上述のようにノズル間のガス流量を変化させることが可能になる。あるいは、ノズルすべてのホールの数と直径を同じにしてもよい。その場合、流れを制限する差し込みを必要だけホールに設けて、各ノズルからの流量を好適なものにすることができる。外側部材と内側部材の間の環状チャンネルが、複数のホールが環状チャンネルに開口する場所に対応する第2のマニホールドチャンバを有するようにしてもよい。この第2のマニホールドチャンバは、スロットアパーチャに最接近する端部で狭くなっており、環状チャンネルの残りの部分はスロットアパーチャとほぼ同一の断面寸法を有する。ガスフィードブロックは、ブロックの外側に開いた第1の端部と、第1のマニホールドチャンバに開いた第2の端部とを有したガスフィードホールを含む。ガスフィードラインの一つは、ガスがガスフィードホールを通過して第1のマニホールドチャンバに流れるように、（そしてそこから第2のマニホールドチャンバに、環状チャンネルを下がって、スロットアパーチャを出て、リアクタチャンバに流れるように）、ガスフィードホールの第1の端部に接続されている。

【0011】放射ガス散布装置は、ガスがノズルの異なる部分の間と、ノズルとチャンバ側壁の間とから漏れないように密封されているのが好ましい。したがって、密封のリングなどさまざまな密封デバイスが用いられる。このような密封デバイスのひとつは、外側部材とガスフィードブロックボアの側壁の間のリアクタチャンバからあるいはチャンバにガスが通るのを防ぐ。また別のデバイスは、外側と内側部材との間およびまたは外側部材とガスフィードブロックボアの側壁との間の経路に沿ってノズルの外側に第1のマニホールドチャンバと環状チャンネルのガスが逃げる（あるいは、同じ経路でノズルの外側から内側に浸透する）のを防いでいる。さらに別の密封デバイスを用いて、リアクタチャンバからのあるいはリアクタの外側のガスが、各ノズルの外側とチャンバ側壁の間の境界面を通過して流れるのを防ぐ。

【0012】ガス散布ノズルのそれぞれの外側、内側部材は、ノズルによって送られるガス、リアクタチャンバ

に存在する別のガスの侵入やあるいは部材上のプラズマ粒子の衝突に強い材料からなるのが好ましい。この侵入や衝突に強い材料はセラミック、石英ガラスが重合材料であるのが好ましい。

【0013】上述のガス散布ノズル構成のさまざまな別の実施例もまた可能である。たとえば、外側部材をガスフィードブロックのボアに設けてブロックをチャンバ側壁に取り付ける代わりに、ガスブロックに関するボアを直接側壁に形成するような本発明の別の実施例が可能である。よって、ガスフィードブロックは必要ではなくなる。ガスフィードブロックが用いられる別の実施例においては、ガスフィードブロックの前面はチャンバに露出している。この場合、ブロック面はプラズマの浸食効果を受けやすくなる。この危険を回避する一つの方法として、その面あるいはブロック全体を先に述べた浸食への耐性がある材料で形成するというものがある。あるいは、ガスフィードブロックをリアクタの側壁に埋め込んでもよい。後者の実施例では、外側と内側部材の一部だけが側壁を介してリアクタチャンバに突出する。ガスフィードブロックの面は露出されない。

【0014】ガス散布ノズルの上述の実施例の別の形態では延出した外側、内側部材が備えられている。この変形例では、リアクタチャンバに対面する外側、内側部材の端部がウエハベスタルの側壁から内側方向に放射状に延出している。延出したノズル形体により、リアクタ内で処理を受けるウエハのできるだけ近くにガスを送ることができる。ウエハの近くにガスを送ることにより、ウエハ表面にわたってガスをより均一に散布させられるので、そのことはいくつかの処理工程では望ましいものである。また、この形体により、ガスの流れをチャンバの壁から離すことができるので、チャンバ側壁近くで、チャンバ壁上の堆積物を乱して、チャンバ内に散乱させ、処理対象のウエハを汚染しきれない乱れを取り除く。

【0015】本発明における放射ガス散布装置は従来の装置の多くの欠点を解消し、これらの従来例では見られない汎用性をもたらす。たとえば、本発明の比較的控えめなノズルアセンブリでは、従来の装置に特徴的なガス散布リングに比べると、チャンバ側壁内で必要なスペースははるかに少なくて済む。ノズルを用いることによりスペースが除かれ、リアクタ全体をより小型にすることができる。ノズルとリアクタ側壁の境界面も、従来のガス散布リングに関する大きな境界面に比べて、極めて小さいものとなる。これらのより小さな境界面は密封するのが容易になる。たとえば、リアクタの側壁に埋め込まれているガスフィードブロックを有する放射ガス散布装置の実施例では、ノズルの端部のみが壁を介してチャンバに延出している。リアクタ側壁とノズルアセンブリの間の境界面を密封するのに必要なのは小さいOリングだけでよい。密封面は比較的小さいので、リークパスを抑

えるのに必要な公差は、従来の放射ガス散布装置のガス散布リングとリアクタ側壁との大きな境界面より容易に確保できる。

【0015】本発明のさまざまな実施例の好ましい構造は、プラズマによる浸食に耐性のある材料からなるので、従来のガス散布リング構造よりも非常に有利でもある。従来のリングがアルミニウムからなる場合、これが一般的であるが、エッチングガスやプラズマの浸食効果を受けやすいので、頻密に取り替える必要はない。ステンレススチールも従来のリングを製造するのにしばしば用いられるが、これがプラズマにさらされると、望ましくない重金属汚染物を処理を施されるウエハ上に散乱させる。もちろん、この問題点も、従来のリングをセラミックやそのほか本発明の実施例に類似した浸食耐性材料で形成すれば回避することができる。しかし、比較的サイズの大きな従来のリングでは、このような材料で形成することは問題がある。たとえば、大きなセラミック構造物を製造することは非常に難しく、もろくなりやすい。直径が8インチ以上のウエハを処理することを意図した大きなリアクタチャンバでは、この問題は特に顕著となる。本発明におけるガス注入スリットノズルはこのような問題を回避する。

【0017】従来のガス散布リングに関する上述したガスの流れが不均一になる問題も、本発明によって回避される。ガスは単一の点にある従来のガス散布リングに送られるので、この入力点近くのノズルの流れは離れたノズルよりも強くなる。しかし、本発明によれば、各ノズルはそれぞれがガス受け入力点を有する。したがって、各ノズルからのガス流量は、望めば、同一にすることができるので、チャンバ内に均一な流れのパターンを作ることになる。もちろん、均一なガスの流れのパターンを望まなければ、本発明の放射ガス散布装置は汎用性があるので、それぞれのノズルからの流量をユーザが望むようにすることができる。また、実施例の中には、それぞれのノズルから異なるガスあるいは異なる混合ガスを供給することができるものがある。従来の装置には、各ノズルごとに望ましい流量とガス組成を選択するという汎用性がない。

【0018】上述の効果のみならず、本発明の別の目的と効果は、添付の図面を参照しながらこのあとの詳細な説明から明らかになる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明はプラズマリアクタのためのガス注入システムに関する。プラズマリアクタガス注入システムはチャンバ内にガスを散布するための一つ以上のガス散布装置を有する。たとえば、リアクタはガスをチャンバ内に散布させるためのリアクタの頂部にあるいはその近辺に天井ガス散布装置を配置することができる。このような装置は本願の先願（すなわち、米国特許出願番号08/307,888、出願日1994年9月

16日）と係属中の米国特許出願番号08/551,881、出願日1995年10月16日に開示されている。リアクタはまた放射ガス散布装置を、ガスをチャンバ内に放射状に散布するリアクタの側壁、あるいはその近辺に配置してもよい。本発明における放射ガス散布装置の好ましい実施例について次に開示する。

【0020】放射ガス散布装置の好ましい実施例は、少なくとも一つの円形スリットノズル100（またはスロット穴付きノズルともいう）を用いている。図2(a)から図2(b)はこれらのノズル100の一つを示しており、しかもその好ましい外形を示している。図2(a)はノズル100を形成する部品を示したノズル100の拡大図であり、図2(b)は組み立てられたノズル構造の断面図である。ノズル100は外側部材102と、内側部材104と、ガスフィードブロック106と、カバー108と、2つの密閉リング110と112とを有する。内側部材104は外側部材102の中央ボア114に挿入される。このように組み合わされたアセンブリは、密閉リング112が取り付けられたあと、ガスフィードブロック106のボア116に挿入される。最後に、密閉リング110はカバー108の表面にある（図2(b)に示されている）溝120に取り付けられ、カバー108はガスフィードブロック106上に取り付けられる。カバー108は任意のやり方で、たとえば（図示しない）ねじによって、固定することができる。

【0021】内側部材104は段差のある円筒形をしている。カバー108に対向する端部から始まり、内側部材104は長い円筒状の端部122を有し、この端部122は直径がこの端部より大きな、端部より短い円筒状中間部124に移行する。内側部材104はさらに大きな直径の円板状先端キャップ126で終わる。端部122と、中間部124と先端キャップ126はすべて同軸上にある。

【0022】外側部材102は両側が開放された段差付き中空円筒形状をなす。カバー108に対向する端部から始まり、外側部材102は長い円筒状スリーブ128を有し、このスリーブ128は同軸の円筒マニホールド部130に移行する。マニホールド部130の直径はスリーブ128よりも大きく、これにより（図2(b)に示す）平坦な環状面132が移行点に形成される。マニホールド部130の外側は環状空隙134を有する。外側部材102の中央ボア114に延出するホール136がこの環状空隙134の底面の周囲に規則的に配置されている。中央ボア114は前述の移行点でスリーブ128の内径に対応する第1の直径を有する。そこから、中央ボア114は、ホール136がボア114の中に開口される場所の近くのより大きな直径方向に外側に先細りになっている。中央ボア114の残りの長さはこの大きな直径を有する。ただし端部ポケット138は、さらに

【0023】内側部材104の円板状先端キャップ126と円筒状中央部124はそれぞれ、端部ポケット138と中央ボア114のある部位にはめ込まれる。内側部材の円筒状中央部124と中央部124が連結するボア114の当該部位の寸法は、無理にはめ込まれてはいないが、密着しているのが好ましい、このサイジングによって、外側と内側の部材102と104を容易に組み立てることができる。内側部材104の長い端部122を外側部材の中央ボア114の長軸と同軸状の中央部124から延出させることができる。この同軸位置合わせは、内側部材と外側部材の端部によって形成される(図2(b)に示される)スロット付きアパーチャ140が均一の幅を確実に持つようにするために必要である。先端キャップ126と端部ポケット138は内側部材104が外側部材102のさらに縦方向に移動するのを防ぐように設計されている。したがって、先端キャップ126の直径がポケット138の裏に接合するものに十分な大きさである限り、密着はめ込みは求められない。さらに、先端キャップ126の厚さとポケット138の深さをほぼ等しくして、カバー108に近接するこれらの構造の端部が互いに面になるようにするが、あるいは先端キャップ126をポケット138よりやや厚くしてもよい。後者の形状は、ノズル構成要素間が互いに小さな公差不一致であっても、密封リング110の力がカバー108にかかるのにかかわらず、カバー108が十分に先端キャップ126と接触し、内側部材104を外側部材102にしっかりと押し込むことが確実に保証されるので好ましい。内側部材104の中央部124は、ホール136が中央ボア114に開口する点まで外側部材102に延出する。このようにして、(あとで詳細に説明する)ホール136を介したガスの流れが妨げられない。内側部材104の長い端部122は中央部124から外側部材102のボア114の残りの部分まで延出する。長い端部122は外側部材102のスリーブ部128の端部と面一になることまで延び、その点で前述のスロット付きアパーチャ140を形成する。スリーブ128の内径と長い端部122の直径は、これによって形成されるアパーチャ140が約0.010から0.030インチまでの幅(理想的には約0.020インチ)を有し、外周から計測する直径が約0.30から1.00インチまで(理想的には約0.40インチ)となるような大きさであるのが好ましい(1インチ=約25.4mm)。

16の前方部の長さは本発明のこの実施例におけるスリーブ部128と略同である。よって、取り付けられるとき、スリーブ部128と内側部材104の長い端部122の端部はガスフィードブロック106の前面と略面一となる。ガスフィードブロックボア116はまた、前方部よりも直径の大きい後方部を有する。このより大きな直径は外側部材102のマニホルド部130の外徑よりもやや大きいものの、ほぼ対応する。ここで再び、外側部材102のマニホルド部130とガスフィードブロックボア116の後方部は、無理なはめ込みではないが密着したはめ込みであるのが好ましい。ガスフィードボア116と外側部材102とが無理なはめ込みではなく密着したはめ込みであるのが好ましいのは、このようにしてはめ込むことにより、組み立てあるいは分解を妨げることなく、適切にこれらの構成要素を位置合わせすることができからである。ガスフィードボア116の前方部と後方部の移行部が内面142を形成する。この内面142は密封リング112が取り付けられる溝118を、図2(b)に示すように有している。あるいは、図示されていないが、リング112が、リング112が部材の平坦な環状面132に接するまで外側部材102のスリーブ部128上を滑動するような内径を有するようにしてもよい。また、ガスフィードブロックボア116の内面142に一つも溝を形成しないこともあろう。むしろ、リング112は、変形して、環状面132と内面142との境界面を密封する圧縮リングであるのがよい。また、内面142は平坦な環状面132をストップさせ、それによって、外側部材102がブロック106にさらに挿入されるのを防ぐ。ガスフィードブロックの後部ボア部の長さは、外側部材102のマニホルド部130の長さにはほぼ対応し、これにより、先端キャップ124と、マニホルド部130とガスフィードブロック106の後方で面する表面が互いに面一となる。また、ブロック106の底面を介してガスフィードホール144がある。このガスフィードホール144は(ブロック106に取り付けられるとき)マニホルド部130の環状空隙134の内部に開口する。

【0025】カバー108の内側と外側で面する側はガスフィードブロック106の後方面と全般的なサイズと形状が同じである。カバー108の内側で面する側はカバー108がガスフィードブロック106に固定される前に密封リング110が取り付けられる環状溝120を有する。カバー108は任意の手段(たとえばねじなど)によってガスフィードブロック106の後方面と固定される。いったん取り付けられると、カバー108はガスフィードブロックボア116内で内面142に対して上方に外側部材102を保持して、リング112に圧縮力を与える働きをする。また、カバー108は外側部材102内で内側部材104を保持し、ガスフィードブロック106に密封リング110を付勢する。

【0026】作動時、ガスは、ガスフィードブロック106のガスフィードホール144の外側端部に送られる。ガスはホール144を通過して移動し、外側部材102の環状空隙134とガスフィードブロック106の内面によって形成されるマニホールドチャンバ146内に送られる。そのうち、ガスはマニホールドチャンバ146の周囲を流れ、環状空隙134の底面のホール136を流れる。その結果、ガスはマニホールド部130の内面と内側部材104の長い端部122の内面によって形成される第2のマニホールドチャンバ148に入る。そこから、ガスは外側部材102のスリーブ部128の内面と長い端部122の外面との間の環状空間に流れる。最後に、ガスはノズル100の前方端部に形成されたスロットアパーチャ140から出る。外側部材102とガスフィードブロック106との間のオリング112により、ガスがスリーブ部128とガスフィードブロック106の内面との間の経路に沿って流れるのが防がれる。ガスフィードブロック106の表面とカバー108との間のオリング110は真空密封され、マニホールド部130の外部表面とガスフィードブロック106の隣接する内面との間にガスが流れないようにされている。密封オリング110に求められる任務に鑑みれば、カバーを介してリークパスを形成するいかなるカバー取り付け手座（たとえばねじなど）は密封オリング110の周辺外側に取り付けられるのが好ましい。このようにして、取り付け手座を介した考えうるいかなるリークパスも回避される。

【0027】図3は本発明における放射ガス散布装置を有したプラスマリアクタ200を示している。この場合、4つの均等に配置されたスロットノズル100は円筒状リアクタハウジングの側壁202に取り付けられている。ノズル100は任意の手座によってリアクタハウジングに固定されていてもよいし、各ノズル100と側壁202の境界面204はガスがその境界面204から漏れないように任意の公知の方法で密封してもよい。リアクタ200はまた処理対象である半導体ウエハ208を支持するウエハベステル206を有する。リアクタハウジングに巻き付けられたRFコイルアンテナ210は整合RF電源212によって電力が投入される。RF電源214がまた、ウエハベステル206に接続している。しかし、別の電源構成を用いてもよい。たとえば、RFアンテナコイルとRF電源が電磁コイルに取り替えられて、電力がウエハベステル206にのみ入力されるような磁気強化反応イオンエッチング装置を用いてもよい。真空ポンプ216と（図示しない）スロットル弁がチャンバ内部ガス圧力を制御する。図3に示したリアクタは4つのノズル100を有するが、本発明がこのような実施例に限定されることを意図しているのではない。むしろ、任意の数のノズル100を、所望のように用いてもよい。また、図3のリアクタは天井ガス散布

装置218を有するようにしてもよい。この構成要素は任意であることを示すために点線で示してある。

【0028】図3において、ガス供給部220はインレット管222を介してスロットノズル100のそれぞれに接続されている。各ノズル100は（図示しない）それぞれのガス供給部220を有しているが、任意の数のノズル100がガス供給部を共有するようにしてもよい。しかし、それぞれのノズル100がそれぞれでガス供給部220を有するという実施例には、いくつかの重要な利点、効果がある。このような構成によって、異なるガス、あるいは混合ガスを各ノズル100から分散させることが可能となる。このような特徴の一つの可能な利用法としては、特定のガスをそれが必要リアクタチャンバ205のある部分にフィード、ほかの場所には送らないというものがある。たとえば、エッチング種の濃度がチャンバ205のある領域であまりにも低いと判断されると、その領域に最も近いノズル100に対してほかのノズルに供給されるよりも濃厚な混合ガスを供給することができる。異なるガス供給部を用いる別の利用法としては、ノズル100から異なるガスを供給するというものがある。これらのガスはリアクタチャンバ205内で互いに反応するようになっている。単一フィードガス散布リング14を用いた（図1に示したような）従来の放射ガス散布装置では上記の作業を遂行することができない。単一のガスフィード18と単一のガス供給部24が典型的に従来装置で用いられているので、チャンバ12に供給されるガスはあらかじめ混ぜておかなければならない。したがって、異なるガスあるいは濃縮ガスをチャンバ12に同時に供給することができない。

【0029】再び図2（a）と図2（b）を参照すると、溝付ノズル100の部分はノズル100を介してリアクタチャンバに注入されるガスにあるプラスマやガス種の侵入を抑える材料で形成するのが好ましい。好ましい材料としては、セラミック、たとえばアルミナ、サファイア、窒化アルミニウム、窒化シリコンなど、や多種のガラス—セラミック材料などが挙げられる。しかし、石英ガラス（あるいは任意の好適な石英ガラス）と、ポリイミドやポリエチレンイミドなどの重合材料を用いることも可能である。特に、少なくとも外側と内側部材104、106はこのような抗浸食材料の一つから形成するのが好ましい。図3に示したノズル100の実施例はまた、（図2（a）、2（b）の）ガスフィードブロック106の前方面がチャンバ205の内部に露出している。したがって、この前方面（あるいはガスフィードブロック106全体）を、浸食性のある処理ガスと接触するほかのあらゆる面同様、抗浸食材料で形成するのが好ましい。

【0030】あるいは、ガスフィードブロック106をリアクタ側壁202'に埋め込んで、図4に示すように、内側、外側部材102'、104'の前方端のみを

側壁 202' を介してリアクタチャンバに突出させるようにしてもよい。これによって、プラズマから分離するので、ガスフィードブロック 106 はスパッタリングへの耐性を必ずしも有さない材料で製造することもできる。たとえば、ガスフィードブロック 106 はステンレススチールを材料とすることができる。この材料を用いることにより、セラミックなどと比較して比較的劣化が軽減されるので、ブロックの製造が容易になる。また、ステンレススチールを用いるとさらに、ブロック 106 を通って流れる処理ガスの浸食効果への耐性をできるという利点がある。この設計はまた、ノズル 100' とリアクタ側壁 202' の間の境界面の密封を簡単にする。図 4 に示すように、境界面を密封するのに必要なのは、比較的小形の O リング 230 だけである。しかし、リアクタの内部に対面するノズル 100' の外側、内側部材 102'、104' の端部はガスフィードブロック 106 の前方面を越えて延出して、側壁 202' を介してリアクタの内部に突出するようにしなくてはならない。図示した実施例において、外側、内側部材 102'、104' の端部はリアクタ側壁 202' の内面と面一になっている。また、カバー 108' は修正を加えられて、リアクタ側壁 202' の外側に取り付けられている。これにより、ノズル 100' をリアクタの側壁 202' に取り付け、固定するのを簡単にする。加えて、外側部材 102'、内側部材 104' の外側に対面する表面と、ガスフィードブロック 106 はリアクタ側壁 202' の外側表面と略面一にされて、密封 O リング 110 が依然としてブロック 106 の表面と接触するようになっている。上述の利点、効果により、図 4 に示した本発明の実施例が最も好ましいと思われる。

【0031】本発明におけるノズル 100' の別の実施例では、ガスフィードブロックが除かれている。その代わりに、図 5 に示すように、リアクタ側壁 202' 自体が（図 2 (a)、2 (b) のガスフィードブロック 106 に関するボア 116 とガスフィードホール 144 と同じ寸法の）ボアとガスフィードホールを組み込むように変更されている。外側部材、内側部材 102、104 はそれからリアクタ側壁 202' のボアに取り付けられる。この別の実施例では、カバー 108 をリアクタ側壁 202' の外側に取り付けてもよい。ノズルアセンブリ 100' とリアクタ側壁 202' の境界面は環状溝 118' に設けられた O リング 112 によって封止される。しかし、リアクタ側壁 202' が陽極化アルミニウムなどからなる場合は、側壁の一部 232 が処理ガスと直接接触し、ガスの浸食効果を受けやすいのでこの実施例は好ましくないことに注意されたい。

【0032】本発明のスロットノズルの前述のどの実施例においても、（一例として図 4 の実施例を用いた）図 6 に示すように、外側部材 102' のスリーブ部 128' と内側部材 104' の長い円筒形端部 122' を伸

ばして、チャンバ 205 に延出するようにしてもよい。本発明の延長したノズルの実施例により、リアクタ内で処理される半導体ウエハに近づけてガスを散布することが可能になる。ウエハにできるだけ近づけて処理ガスを送ることは、ウエハ表面にガスをより均一に散布することができるので、いくつかの処理作業工程で望ましいものである。また、この構成は、チャンバ側壁近くでノズルからのガスの流れによって起こる乱れを実質的に取り除く。これは、乱れがチャンバ側壁を覆う堆積物を乱しやすくして、その材料の薄片をチャンバ内に分散させて、処理されるウエハを汚染する原因になりうるもので、好ましい。

【0033】再び図 2 (a)、2 (b) を参照すると、ホール 136 を用いて、ガスを第 2 のマニホールドチャンバ 148 に均一に散布することを容易にする。好ましくは、これらのホール 136 が外側部材 102 の周辺に均等に配置されているのがよい。第 1 のマニホールドチャンバ 146 を用いて、ガスフィードブロックホール 144 からの噴射するおそれのあるガスの流れを穏やかにし、第 1 のチャンバ 146 全体に散布するようにする。同様に、第 2 のマニホールドチャンバ 148 を用いて、ホール 136 から放出される噴射する危険のあるガスの流れを穏やかにして、第 2 のチャンバ 148 全体にガスを散布するようにする。2 つのマニホールドチャンバ 146、148 の相互作用の実効結果と、均等に配置されたホール 136 とにより、確実にノズル 100 のスロットアパーチャ 140 から概して均一にガスが流れるようになる。

【0034】ホール 136 の数とその直径は、スロットアパーチャ 140 の寸法と関連して、（一定のガス供給圧力に対する）ノズル 100 からのガス流量を実質的に決定する。よって、望ましい流量を確定する一つの方法は、ホール 136 の数を変えることである。通常、多くのホール 136 が用いられるほど、ガス流量は大きくなる。好ましいガス流量を確定するもう一つの方法は、ホール 136 の直径を変えることである。その場合、一般に直径が大きいほど、ガス流量が大きくなる。しかし、上述のように、外側部材 102 を抗浸食性のセラミック、石英ガラス、重合材料で形成することが好ましい。これらの材料に関連した機械的、製造上の制約がホール 136 の直径と、ホール 136 の数を制限する。特に、（多くの金属と比較すると）このような材料に比較的小さいホールを形成することは難しい。実際に形成できる最も小さいホールは、直径が約 0.030 から 0.050 インチである。しかし、ホールにはめ込まれた、（図示しない）流量が制約された差し込みを用いることによって、ガス流量を制約する任務を遂行するために機械的、製造上の制約に適応するようにより大きなホールも形成できる。前述の任務についての通した差し込みの設計を決定する構造と要因は、当業者には公知であり、

本発明の新規な態様とはならない。したがって、ここではこれらの差し込みについての詳細な説明はしない。またホール136近辺の外側部材102の構造上、互性も考慮する必要がある。部材102の製造が難しくなるとが不都合にこれれやすくなるようなホール136をあまり多くしてならない。前記の機械上、製造上の制約に関係なく、ホール136の数、直径を変えたり、および/または差し込みを用いることによって、ガス流量を現在望ましいものにすることができると考えられる。

【0035】実験を行ったこの実施例において、それぞれのノズルは約0.20インチの直径の4つのホール136を有していた。外側部材102のスリーブ部128の内径と内側部材104の長い端部122の直径は、アパーチャが直径0.40インチ、幅が0.02インチとなるように選択された。差し込みは一つも取り付けられなかった。この構成によってノズル100から均一なガスの流れのパターンと受け入れ可能なガス流量（すなわち約150から200 sccm）とができることがわかった。

【0036】リアクタチャンバ内に均一なガスを散布するための好適なガス流量は各ノズル100で通常同じであるが、そうでなくともよい場合がある。なかには、ノズル100ごとに流量を変えるほうが効果的である場合もある。たとえば、図3に示す本発明の実施例では、ノズル100がそれぞれ別のガス供給部220を有しており、装置はそれぞれのノズルからそれぞれ異なるガスを供給することができる。それぞれ好適な濃度のガスを確実にチャンバ205に供給できるように個々のノズルのガス流量を調整することも効果的である。流量をノズル100ごとにを変えるには、上記のようにホール136の数および/または直径を変えればよい。また、上述の差し込みをこの目的のために利用してもよい。各供給部220からのガスの圧力を変えて、好ましい流量にすることもできる。

【0037】本発明を好ましい実施例について詳しく説明してきたが、本発明の趣旨や範囲から逸脱することなく変更や、修正もできることを理解されたいと思われる。

【0038】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、スペースをとらず、密封表面積が小さいプラズマリアクタガス注入システムが提供される。

【図面の簡単な説明】

本発明の特定の特徵、態様、効果は以下の説明、添付の特許請求の範囲、および添付の図面を参照すればよりよく理解されるであろう。図面において、

【図1】ガス散布リングを用いた典型的な放射ガス散布装置の従来例を示すプラズマリアクタの一部の断面図である。

【図2】(a)は、放射ガス散布装置で用いられるスリットノズルの第1の実施例の斜視拡大図であり、(b)は、(a)の組み立てられたスリットノズルを示す断面図である。

【図3】図2(a)又は(b)に示されたタイプの4つのスリットノズルを組み込んだプラズマリアクタの一部を示す断面図である。

【図4】ノズルがプラズマリアクタの側壁に埋め込まれた放射ガス散布装置で用いられるスリットノズルの第2の実施例の断面図である。

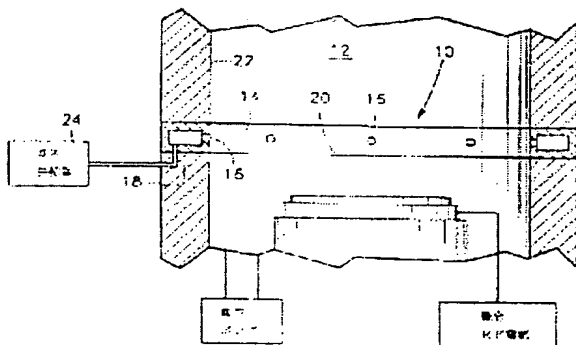
【図5】先の実施例のガスフィードブロックが除かれて放射ガス散布装置に用いられるスリットノズルの第3の実施例を示す断面図である。

【図6】図4のスリットノズルの実施例の別の型を示す断面図で、ノズルの外部および内部部材がリアクタチャンバに延びている。

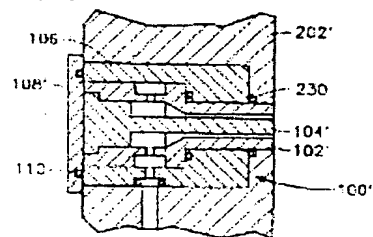
【符号の説明】

100…スリットノズル、106…ガスフィードブロック、108…カバー、110、112…Oリング、122…端部、128…スリーブ、130…マニホールド。

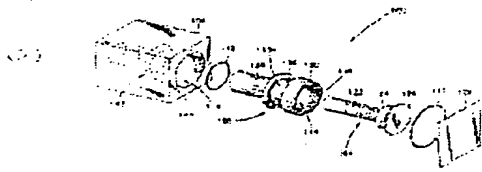
【図1】



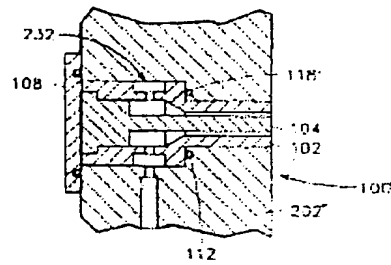
【図4】



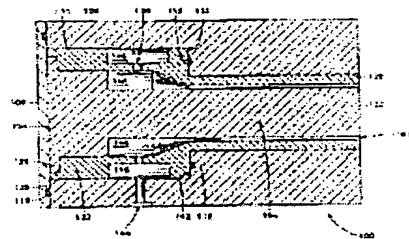
【図2】



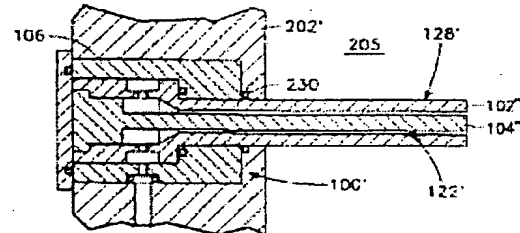
【図5】



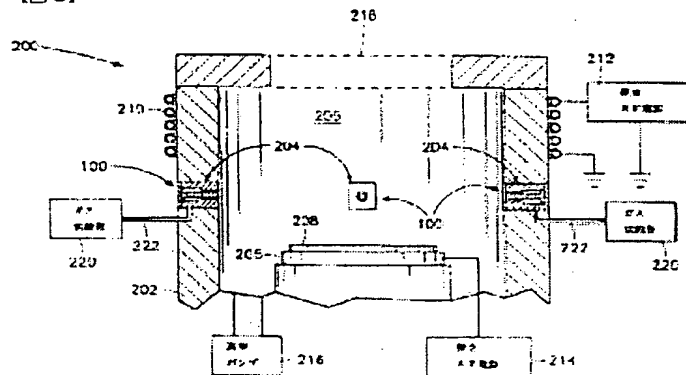
【図4】



【図6】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 スティーヴ エス. ワイ. マク
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
プレゼントン、モンテヴィノ ドライヴ
878

(72)発明者 ドナルド オルガド
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
パロ アルト、メルヴィル アヴェニュー
— 831

(72)発明者 ゲラルド ゼヤオ イン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
クバティノ、ピリチ プレイス 10132
(72)発明者 ティモスィー ドリスコル
アメリカ合衆国、モンタナ州、ハミル
トン、フォーリー レーン 637

(72)発明者 ジェイムズ エス. ババナ
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
サン ラファエル、ホーリー ドライヴ
351
(72)発明者 アヴィア テップマン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、
クバティノ、レインボー ドライヴ
21610